

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-080121

(43)Date of publication of application : 28.03.1997

(51)Int.Cl.

G01R 31/28

G06F 11/22

G06F 17/50

(21)Application number : 07-256857

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 08.09.1995

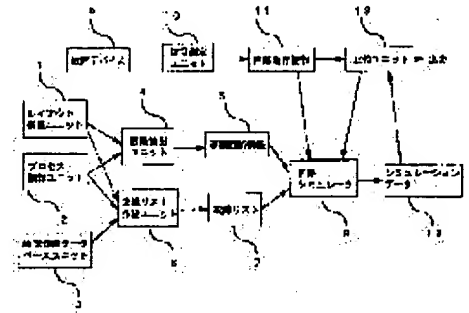
(72)Inventor : SAKAGUCHI KAZUHIRO

(54) DEVICE AND METHOD FOR DIAGNOSING FAILURE OF INTEGRATED CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To estimate the causes of a failure by listing up the failure which may actually occur, performing a circuit simulation assuming the failure, and comparing the simulated result with actually measured value.

SOLUTION: A failure list creating unit 6 consists of a layout information unit 1, a process information unit 2, and a failure knowledge database unit 3, thus listing up a failure which is assumed to occur in a possible failure region. One assumed failure is selected from the elements of a failure list 7, circuit information when the assumed failure occurs is created from equivalent circuit information 5, a circuit operation for a possible failure region obtained from circuit operation information 11 is simulated by a circuit simulation 8, and the simulated result is outputted as simulation data 12. A comparison unit 13 compares the circuit operation information 11 with the simulation data 12 and assumes that the assumed failure actually occurs in a failed device 9 when both agree.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.09.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.09.1998

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

<English translation>

Relevant portions of Japanese Patent Application Laid-open
No. 9-80121 published on March 28, 1997

[0020] With reference to drawing 1, the layout information unit 1 contains the layout data in the possible failure region in the failure device 9. Moreover, the process information unit 2 contains the structural data of the device which determines the electrical property of the failure device 9 (a component parameter, wiring information, parasitic effect, etc.).

[0021] The failure knowledge database unit 3 is a knowledge database which stores the knowledge information (for a rule of thumb to be included) about what kind of failure occurs or what kind of failure easily occurs in failure of the integrated circuit.

[0022] The circuit extraction unit 4 inputs data from the layout information unit 1 and the process information unit 2 and creates the so-called equivalent circuit of the transistor level which consists of a transistor which describes the normal electrical operation in the possible failure region in the failure device 9, resistance, capacity, etc., and outputs the equivalent circuit information 5 which consists of the connection information (netlist) and each element value information (the device parameter for circuit simulation etc. is include).

[0023] The failure list creation unit 6 lists the failure predicted in the possible failure region with reference to the data of the layout information unit 1, the process information unit 2, and the failure knowledge database unit 3 including the physical location and physical factor of the failure on the layout, and the location and mode of the failure in the equivalent circuit in the possible failure region, and creates the failure list 7.

[0024] The signal measurement unit 10 acquires an input signal, an output signal and a signal of the predetermined

joint (node) in the equivalent circuit for this equivalent circuit by actually operating the failure device 9 based on the equivalent circuit information 5 in the failure device 9 in the normal operation mode in the possible failure region, thereby acquiring the circuit performance information 11. [0025] Here, one failure is chosen from the failure list 7 and considered as assumed failure (it is called "the processing step A").

[0026] From this assumed failure, the equivalent circuit information 5 and the input signal for the equivalent circuit in the circuit performance information 11, the behavior of the failure device 9 assuming that assumed failure is existed is sought by the circuit simulator 8, and simulation data 12 is obtained (it is called "the processing step B").

[0027] When the comparing unit 13 inputs the circuit performance information 11 and the simulation data 12, and compares them, and if both agree, assumed failure is outputted. And if they disagree, it is not necessary to output information especially (it is called "the processing step C").

[0028] And the processing steps A, B, and C are repeated about all the elements of the failure list 7, or some elements (in case failure is detected and in case processing is suspended etc.).

[0029] With reference to drawing 1, the operation modes of embodiment are explained in detail below.

[0030] From the layout information unit 1 and the process information unit 2, the circuit extraction unit 4 calculates, for example, (a) layout information of each wiring in the possible failure region, (b) connection information on wiring via through hole, (c) length and width of wiring, (d) size of the transistor, (e) connection state of the transistor and wiring, (f) physical relationship between each wiring, (g) three dimensional layout information on each element, (h) resistance value of wiring, (i) parameters of the transistor, (j) inter-wiring capacity, (k) element

value of each element, etc. and expresses the normal electrical circuit formed in the possible failure region by the equivalent circuit including such elements as the transistor, resistance and capacity, thereby creating the equivalent circuit information 5.

[0031] Moreover, respective comparison tables are created for each wiring and element formed in the possible failure region, and for each wiring (node) and element in the equivalent circuit in the normal operation mode in the possible failure region. And, these are combined and output to the equivalent circuit information 5.

[0032] The failure list creation unit 6 lists the failure which is expected to occur in the possible failure region according to the layout information unit 1, the process information unit 2, and the failure knowledge database unit 3. This lists the part where closed-circuit failure may occur from the predetermined threshold value based on the failure knowledge in the failure knowledge database unit 3, for example, the knowledge that closed-circuit failure easily occurs between closely connected wiring.

[0033] Moreover, based on the knowledge that generally disconnection of wiring easily occurs in the through hole section, the through hole section is extracted from the layout data in the possible failure region, and it lists what kind of failure occurs as a probable failure according to an occurrence of disconnection of wiring.

[0034] In the failure knowledge database unit 3, the failure knowledge acquired from the knowledge information about failures, such as failure in the wiring system, the transistor system, and relating to both, is compiled and stored in a database.

[0035] Based on the failure knowledge stored in the failure knowledge database unit 3, the failure list listed up and output by the failure list creation unit 6 is composed of probable failures as its elements. Each element in the failure list contains each information on the failure

location on the layout and the source of failure, and the failure location in the equivalent circuit and the failure mode of the failure.

[0036] The signal of each part in the possible failure region in the failure device 9 is observed by the signal measurement unit 10. At this time, the signal to be observed is indicated beforehand as explained later. The observed signals of each part in the circuit are recorded and stored as circuit performance information 11 in the predetermined memory region.

[0037] One failure (assumed failure) assumed by the element of the failure list 7 is chosen (processing step A), circuit information when the assumed failure occurs from the equivalent circuit information 5 to the possible failure region is created, the circuit performance is simulated by the circuit simulator 8 when the circuit is given the input signal to the possible failure region obtained from the circuit performance information 11, and it outputs as simulation data 12 (processing step B).

[0038] When the comparing unit 13 compares the circuit performance information 11 which is the actual observational data of the failure device 9 with the simulation data 12, and both agree, it is presumed that assumed failure is actually occurring in the failure device 9, and the assumed failure is output. Conversely, when both disagree, it is determined that the assumed failure is not occurring in the failure device 9 (processing step C).

[0039] Like the above, the processing steps A, B, and C are performed about all the elements of the failure list 7, or some elements.

特開平9-80121

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int. Cl. ⁶
 G01R 31/28
 G06F 11/22 360
 17/50

F I
 G01R 31/28 F
 G06F 11/22 360 D
 G01R 31/28 H
 G06F 15/60 672 D

審査請求 有 請求項の数13 F D (全9頁)

(21) 出願番号 特願平7-256857

(22) 出願日 平成7年(1995)9月8日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 坂口 和宏

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

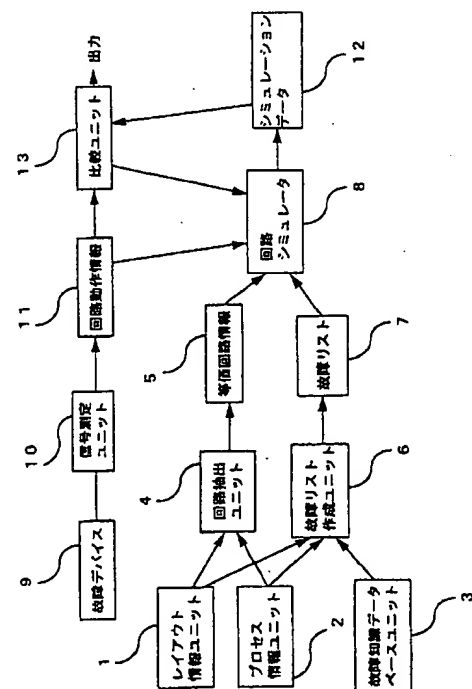
(74) 代理人 弁理士 加藤 朝道

(54) 【発明の名称】 集積回路の故障診断装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 故障集積回路に対し、その故障の物理的位置、物理的原因を推定する診断装置の提供。

【解決手段】 レイアウト情報とプロセス情報と故障知識データベースからの故障知識から回路抽出ユニットにより集積回路中の故障が存在する被疑故障領域に形成されている正常時の等価回路を得、故障リスト作成ユニットにより被疑故障領域に発生する可能性のある故障をリストアップし、リストアップされた故障を等価回路に想定して故障が発生した時の集積回路の動作を回路シミュレータにより求め、集積回路の被疑故障領域に形成されている回路の実際の動作を信号測定ユニットにより観測し、シミュレーション結果と観測結果を比較し両者が一致すれば想定した故障が実際に発生していると推定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】故障集積回路の正常時のレイアウト情報を記憶保持するレイアウト情報記憶手段と、

前記故障集積回路の正常時の電気的性質を決定するプロセス情報を記憶保持するプロセス情報記憶手段と、集積回路で発生する故障に関する知識情報を所定のデータベース形態にて格納してなる故障知識データベース部と、

前記レイアウト情報記憶手段からの前記レイアウト情報と、前記プロセス情報記憶手段からの前記プロセス情報と、から、前記故障集積回路の正常時の等価回路を抽出し、該等価回路と、前記故障集積回路の正常時における所定の要素と、の対応付けを行なう回路抽出手段と、

前記レイアウト情報と、前記プロセス情報と、前記故障知識データベース部の前記故障に関する知識情報と、から、前記故障集積回路の正常時の回路において発生する可能性のある故障を探索して故障候補群（「故障リスト」ともいう）を作成する故障リスト作成手段と、

前記故障集積回路の所定の測定箇所電気信号を測定して回路動作情報を作成する信号測定手段と、

前記故障候補群の中からある故障を選択して想定故障とし、該想定故障を前記等価回路に反映すると共に、前記回路動作情報に基づいて、前記想定故障が前記等価回路に存在したときの回路動作をシミュレーションするシミュレーション手段と、

前記シミュレーション手段によるシミュレーション結果と、前記回路動作情報と、を比較する比較手段と、を含むことを特徴とする集積回路の故障診断装置。

【請求項 2】前記比較手段による比較の結果、前記シミュレーション結果と前記回路動作情報に含まれる実観測データとが互いに一致した際に、前記想定故障を推定された故障として出力し、不一致の場合には、前記故障候補群の中から別の故障を新たに選択して想定故障とし、前記シミュレーション手段において該想定故障に基づき回路動作のシミュレーションが行なわれ、シミュレーション結果が前記実観測データと前記比較手段で比較されるように制御されることを特徴とする請求項 1 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 3】前記回路抽出手段が、前記故障集積回路についてトランジスタレベルの等価回路を生成することを特徴とする請求項 1 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 4】前記故障リスト作成手段が、前記故障集積回路の正常時の集積回路において、実際の故障（物理故障）の発生位置及び該物理故障の形態を決定して物理故障リストを作成する物理故障リスト作成手段と、前記物理故障を前記等価回路中における故障として変換する故障翻訳手段と、

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 5】前記信号測定手段が、前記等価回路と前記

レイアウト情報とから、前記故障集積回路のレイアウトにおける測定箇所を確定指示する手段（「測定箇所指示手段」という）と、

前記測定箇所指示手段からの情報に基づき前記故障集積回路の所定の測定箇所の信号を観測測定する信号取得手段と、

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 6】前記信号取得手段が、電子線による集積回路の配線電位を測定する電子ビームプロービング装置を含むことを特徴とする請求項 5 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 7】前記信号取得手段が、探針を集積回路に接触させ、前記集積回路の所定の測定箇所の信号を測定するプローバ装置を含むことを特徴とする請求項 5 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 8】前記シミュレーション手段が、アナログ回路の回路動作のシミュレーションを行なう回路シミュレータを含むことを特徴とする請求項 1 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 9】前記シミュレーション手段が、互いにシミュレーション精度の異なる複数の回路シミュレータを含むことを特徴とする請求項 8 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 10】前記シミュレーション手段が、前記等価回路をまずシミュレーション精度の粗い第 1 の回路シミュレータにて回路動作のシミュレーションを行ない、前記第 1 の回路シミュレータによるシミュレーション結果と前記回路動作情報における実観測データとが互いに一致した場合には、前記第 1 の回路シミュレータよりもシミュレーション精度の高い別の回路シミュレータにて前記等価回路をシミュレーションし、シミュレーション結果に基づき前記実観測データとの一致を照合することを特徴とする請求項 9 記載の集積回路の故障診断装置。

【請求項 11】(a) 半導体集積回路装置上の被疑故障領域のレイアウトデータと、該半導体集積回路装置のプロセス情報と、から、前記被疑故障領域の等価回路を抽出し、

(b) 故障に関する知識を格納した故障知識データベースを参照して、前記被疑故障領域にて発生する可能性のある故障候補群を作成し、

(c) 前記故障候補群から選択された故障候補を想定故障として前記被疑故障領域の前記等価回路に挿入し、

(d) 前記半導体集積回路装置における、前記被疑故障領域における所定の測定箇所の信号を信号測定手段にて取得した実観測データに基づき、前記想定故障が存在するものと想定した際の前記等価回路の回路動作を所定の回路シミュレータによりシミュレーションし、

(e) 前記シミュレーション結果と、前記実観測データと、を照合し、前記シミュレーション結果と前記実観測

データとが一致した際に、前記想定故障を前記被疑故障領域における故障として出力し、

(f) 前記シミュレーション結果と前記実観測データとが不一致の場合、前記故障候補群の中から別の故障候補を選択して想定故障として再び前記工程(c)乃至(e)を行なう、

上記各工程を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の故障診断方法。

【請求項 1 2】前記信号測定手段が、電子線により前記半導体集積回路装置の配線電位を測定する電子ビームプロービング装置を含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の半導体集積回路装置の故障診断方法。

【請求項 1 3】前記工程(b)において生成される故障候補群の各要素が、前記被疑故障領域のレイアウト上における故障の物理的位置及び故障の物理的原因と、前記被疑故障領域の前記等価回路における故障の位置及び故障形態と、を含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の半導体集積回路装置の故障診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は集積回路の故障診断装置及び故障診断方法に関し、特にコンピュータを用いたアナログ回路シミュレーションにより集積回路の故障箇所及び故障原因を推定する集積回路の故障診断装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、この種の集積回路の故障診断装置は、故障した集積回路の故障原因を究明するために、故障箇所を特定する目的で用いられてきた。

【0003】従来の故障診断装置として、例えば特開平 5-45423号公報には、電子ビームテストを用いる集積回路の故障解析方法において、あるテストパターンを入力した状態で一時的に保持し、他のテストパターン入力時間よりも長くした状態で電位コントラストを取得することにより、集積回路の電位コントラスト像を高速に得、電荷の蓄積による電位コントラストの劣化を回避するようにした構成が提案されている。すなわち、この従来技術は、LSI テスタを用いて集積回路を駆動しながら、その駆動タイミングに同期して電位コントラスト像を得るもので、その際、電位コントラスト像を得るテストパターンの印加状態を一時保持しながら電位コントラスト像を得ることを特徴としている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】また、従来のコンピュータを利用したシミュレーションに基づく故障診断方法としては、論理レベル回路の上に表現された故障を、その位置と、縮退故障あるいは短絡故障等の故障内容を推定するものもあるが、実デバイスにおける故障の物理的位置、及び故障の物理的原因を推定するための具体的手法は未だ提案されていない。

【0005】一方、上記公報記載の従来の集積回路の故障診断方法においては、集積回路の配線電位を電子ビームを利用して測定するという物理的観測にのみ基づいて故障診断を行っているため、近時の集積回路の微細化、多層化、及び高密度化により、目的とする配線電位の測定が困難となり、故障箇所の特定が不可能となるという問題がある。

【0006】従って、本発明は上記従来技術の問題点を解消し、集積回路に対しその故障の物理的位置、及び物理的原因を有効に推定することを可能とする故障診断装置及び方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明は、故障集積回路の正常時のレイアウト情報を記憶保持するレイアウト情報記憶手段と、前記故障集積回路の正常時の電気的性質を決定するプロセス情報を記憶保持するプロセス情報記憶手段と、集積回路で発生する故障に関する知識情報を所定のデータベース形態にて格納してなる故障知識データベース部と、前記レイアウト情報記憶手段からの前記レイアウト情報と、前記プロセス情報記憶手段からの前記プロセス情報と、から、前記故障集積回路の正常時の等価回路を抽出し、該等価回路と、前記故障集積回路の正常時における所定の要素と、の対応付けを行なう回路抽出手段と、前記レイアウト情報と、前記プロセス情報と、前記故障知識データベース部の前記故障に関する知識情報と、から、前記故障集積回路の正常時の回路において発生する可能性のある故障を探索して故障候補群（「故障リスト」ともいう）を作成する故障リスト作成手段と、前記故障集積回路の所定の測定箇所の電気信号を測定して回路動作情報を作成する信号測定手段と、前記故障候補群の中からある故障を選択して想定故障とし、該想定故障を前記等価回路に反映すると共に、前記回路動作情報に基づいて、前記想定故障が前記等価回路に存在したときの回路動作をシミュレーションするシミュレーション手段と、前記シミュレーション手段によるシミュレーション結果と、前記回路動作情報と、を比較する比較手段と、を含むことを特徴とする集積回路の故障診断装置を提供する。

【0008】また、本発明は、(a) 半導体集積回路装置上の被疑故障領域のレイアウトデータと、該半導体集積回路装置のプロセス情報と、から、前記被疑故障領域の等価回路を抽出し、(b) 故障に関する知識を格納した故障知識データベースを参照して、前記被疑故障領域にて発生する可能性のある故障候補群を作成し、(c) 前記故障候補群から選択された故障候補を想定故障として前記被疑故障領域の前記等価回路に挿入し、(d) 前記半導体集積回路装置における、前記被疑故障領域における所定の測定箇所の信号を信号測定手段にて取得した実観測データに基づき、前記想定故障が存在するものと想定した際の前記等価回路の回路動作を所定の回路シミュレータ

によりシミュレーションし、(e)前記シミュレーション結果と、前記実観測データと、を照合し、前記シミュレーション結果と前記実観測データとが一致した際に、前記想定故障を前記被疑故障領域における故障として出力し、(f)前記シミュレーション結果と前記実観測データとが不一致の場合、前記故障候補群の中から別の故障候補を選択して想定故障として再び前記工程(c)乃至(e)を行なう、上記各工程を含むことを特徴とする半導体集積回路装置の故障診断方法を提供する。

【0009】本発明の半導体集積回路装置の故障診断方法においては、好ましくは、前記信号測定手段が、電子線により前記半導体集積回路装置の配線電位を測定する電子ビームプロービング装置を含むことを特徴とする。

【0010】

【作用】本発明による集積回路の故障診断装置は、集積回路上で、試験装置（電子ビームテスト又はLSIテスト等）により故障有りと判定された被疑故障領域のレイアウトデータと、集積回路の回路中の各素子、配線等の素子値、寄生効果など回路の電気的性質を決定するプロセス情報と、から、この被疑故障領域の正常時のトランジスタレベルの回路情報（トランジスタ、抵抗、及び容量等から構成される電気回路としての情報）を回路抽出ユニットにより抽出する。

【0011】また、被疑故障領域のレイアウト情報と、プロセス情報と、過去に如何なる故障が発生し、如何なる条件下で発生し易いか等の故障に関する知識を格納してなる故障知識データベースと、から、この被疑故障領域にて発生する可能性のある故障を、故障発生箇所、及び故障原因を含めてリストアップして故障リスト（故障一覧）を作成する。

【0012】そして、故障リストから故障を選択し、この故障が存在したと仮定したときのトランジスタレベルの回路を想定する。

【0013】一方、実故障デバイスにおける、被疑故障領域の所定のノード（例えば配線部）の信号等を信号取得機（信号測定器）により取得する。

【0014】この取得データ（実観測データ）に基づき、故障を想定したトランジスタレベルの等価回路の回路動作をアナログ回路シミュレータ（例えば古典的な回路シミュレータとして「SPICE」等がある）によりシミュレーションする。

【0015】このシミュレーション結果と、実故障デバイスでの被疑故障領域における回路動作の実観測データと、を照合する。

【0016】その結果、シミュレーション結果と実観測データとが互いに一致すれば想定した故障が実故障デバイスにおいて発生しているものと推定し、もし異なるならば、故障リストから別の故障を選択して新たに故障を想定し、シミュレーション及び比較処理を繰り返す。

【0017】本発明によれば、想定する故障には、故障

箇所及び故障原因の情報が含まれているため、被疑故障領域における故障の箇所及びその形態（従って故障原因）が推定可能となる。

【0018】さらに、回路シミュレータを複数備え、等価回路を始め粗くシミュレーションして、被疑故障領域の測定ポイントにおける実観測データと比較し、一致の場合には更に精度のよい回路シミュレータでシミュレーションし、不一致の場合故障リストから別の故障候補を選択するように構成したことにより、適切でない（非現実的な）故障に対して長時間の回路シミュレーションを行なうという無駄（ロス）が回避され、故障診断の高速化及び効率化を達成している。

【0019】

【発明の実施の形態】図面を参照して、本発明の実施の形態を以下に説明する。図1は本発明の一実施形態に係る故障診断装置の構成を示すブロック図である。

【0020】図1を参照して、レイアウト情報ユニット1は、故障デバイス9での被疑故障領域のレイアウトデータを含む。また、プロセス情報ユニット2は故障デバイス9の電気的性質を決定するデバイスの構造上のデータ（素子パラメータ、配線情報、寄生効果等）を含む。

【0021】故障知識データベースユニット3は、集積回路の故障において、どのような故障が発生するか、どのような故障が発生しやすいか等の故障に関する知識情報（経験則を含む）を格納してなる知識データベースである。

【0022】回路抽出ユニット4は、レイアウト情報ユニット1及びプロセス情報ユニット2からデータを入力して、故障デバイス9における被疑故障領域の正常時の電気的動作を記述するトランジスタ、抵抗、及び容量等から構成される、いわゆるトランジスタレベルの等価回路を作成し、その接続情報（ネットリスト）、及び各素子値情報（回路シミュレーション用のデバイスパラメータ等を含む）からなる等価回路情報5を出力する。

【0023】故障リスト作成ユニット6は、レイアウト情報ユニット1とプロセス情報ユニット2と故障知識データベースユニット3のデータを参照して、被疑故障領域において予測される故障を、レイアウト上における故障の物理的位置、及び故障の物理的原因、被疑故障領域の等価回路における故障の位置、及び故障形態とを含めてリストアップし故障リスト7を作成する。

【0024】信号測定ユニット10は、故障デバイス9における被疑故障領域の正常時の等価回路情報5に基づき、この等価回路に対する、入力信号と、出力信号と、等価回路中の所定の節点（ノード）の信号を、故障デバイス9を実際に動作させることにより取得して回路動作情報11を得る。

【0025】ここで、故障リスト7から1つの故障を選択して、これを想定故障とする（「処理ステップA」という）。

【0026】この想定故障と、等価回路情報5と、回路動作情報11の等価回路に対する入力信号とから、想定故障が存在したと仮定した時の故障デバイス9の挙動 (behaviour) を回路シミュレータ8により求め、シミュレーションデータ12を得る (「処理ステップB」という)。

【0027】比較ユニット13は、回路動作情報11と、シミュレーションデータ12と、を入力して比較し、両者が一致すれば、想定故障を出力し、不一致であるならば情報を特に出力しなくてもよい (「処理ステップC」という)。

【0028】そして、処理ステップA、B、Cを故障リスト7の全要素、または一部の要素 (故障が検出された場合、処理を停止する場合等) について繰り返す。

【0029】図1を参照して、本実施形態の動作を以下に詳説する。

【0030】回路抽出ユニット4は、レイアウト情報ユニット1と、プロセス情報ユニット2と、から、例えば (a) 被疑故障領域内の各配線の配置情報、(b) スルーホールによる配線の接続情報、(c) 配線の長さ、及び配線幅、(d) トランジスタのサイズ、(e) トランジスタと配線の接続状況、(f) 配線同士的位置関係、(g) 各素子の3次元の配置情報、(h) 配線の抵抗値、(i) トランジスタの諸パラメータ、(j) 配線間容量、(k) 各素子の素子値等を計算し、被疑故障領域内に形成されている正常時の電気回路をトランジスタや抵抗、容量等の各素子からなる等価回路にて表現し、等価回路情報5を作成する。

【0031】また、被疑故障領域内に形成されている各配線、及び各素子と、被疑故障領域の正常時の等価回路における各配線 (節点)、及び各素子と、のそれぞれの対応表を作成し、合わせて等価回路情報5に出力する。

【0032】故障リスト作成ユニット6は、レイアウト情報ユニット1と、プロセス情報ユニット2と、故障知識データベースユニット3と、から、被疑故障領域において発生が予想される故障をリストアップする。これは、故障知識データベースユニット3中の故障知識、例えば、近接配線間で短絡故障が発生し易いという知識に基づき、予め定められた閾値から短絡故障が発生する可能性のある箇所をリストアップする。

【0033】また、一般に、スルーホール部で断線が発生し易いという知識に基づき、被疑故障領域のレイアウトデータからスルーホール部を抽出し、断線の発生によりどのような故障となるかを故障候補としてリストアップする。

【0034】故障知識データベースユニット3には、配線系、トランジスタ系、及び両者にまたがる故障等、故障に関する知識情報から得られた故障知識がデータベース化されて格納されている。

【0035】故障知識データベースユニット3に格納された故障知識に基づき、故障リスト作成ユニット6がリ

ストップ出力した故障リストは、発生が予想される故障を要素として構成され、故障リストの各要素は、レイアウト上での故障位置、及び故障原因と、等価回路における故障位置、及び故障形態の各情報を含んでいる。

【0036】故障デバイス9における被疑故障領域での各部の信号は、信号測定ユニット10により観測される。このとき、観測すべき信号は、後に説明されるように予め指示される。実測した回路の各部の信号は、回路動作情報11として所定の記憶領域に記録格納される。

【0037】故障リスト7の要素から想定する故障 (想定故障) を一つ選び (処理ステップA)、等価回路情報5から被疑故障領域に想定故障が発生したときの回路情報を作成し、この回路に回路動作情報11から得られる被疑故障領域に対する入力信号を与えたときの回路動作を回路シミュレータ8によりシミュレーションし、シミュレーションデータ12として出力する (処理ステップB)。

【0038】比較ユニット13は、故障デバイス9の実観測データである回路動作情報11とシミュレーションデータ12とを比較し、両者が一致した場合に想定故障が故障デバイス9で実際に発生しているものと推定し、想定故障を出力する。逆に両者が一致しない場合、想定故障は故障デバイス9には発生していないものと判定する (処理ステップC)。

【0039】前記の如く、処理ステップA、B、及びCを故障リスト7の、全要素あるいは一部の要素について行なう。

【0040】図2は、本発明の一実施形態における故障リスト作成ユニット6の構成の一例を説明するためのブロック図である。

【0041】図2を参照して、物理故障作成ユニット20は、故障知識データベースユニット3 (図1参照) 等からの知識情報に基づき、故障デバイス9の被疑故障領域において、どこに (位置)、どのような (形態) 故障が発生し易いかを判定し、その故障位置、及び故障原因を物理故障リストの要素として物理故障リスト21を作成する。

【0042】次に、故障翻訳ユニット22では、物理故障作成ユニット20により出力された物理故障が、被疑故障領域に対する正常時の等価回路の中 (例えばネットリスト中) において、どこに (位置)、どのように表現されるか (故障モデル) を探索調査し、調査結果から、故障位置、故障形態、及び物理故障の情報と合わせたものを故障要素として故障リスト7に出力する。

【0043】図3は、本発明の一実施形態における信号測定ユニット10の構成の一例を説明するためのブロック図である。

【0044】図3を参照して、等価回路情報5とレイアウト情報ユニット1から、故障デバイス9 (図1参照) の被疑故障領域の等価回路に対する入力部および出力部

を測定ポイント指示ユニット30により選択し、故障デバイス9の被疑故障領域に対する入力部および出力部の配線の物理的位置を決定し、測定ポイントリスト31に出力する。

【0045】この測定ポイントリスト31の情報から、信号測定器32により故障デバイス9における実際の各信号を観測する。

【0046】図4は、本発明の一実施形態における信号測定ユニット10の別の形態を説明するためのブロック図である。

【0047】図4を参照して、電子ビームプローバ40は、測定ポイントリスト31から、信号を測定する配線の位置情報を取得し、指示された配線の信号電位を測定する。

【0048】図5は、本発明の一実施形態における信号測定ユニット10のさらに別の形態を説明するためのブロック図である。

【0049】図5を参照して、プローバ50は、測定ポイントリスト31から、信号を測定する配線の位置情報を取得し、指示された配線に対して探針（プローブ）を立て、該配線の信号電位を測定する。

【0050】図6は、本発明の別の実施形態を説明するためのブロック図である。図6には、図1に示した前記実施形態における回路シミュレータ8の構成の一例が示されている。なお、図6では、図1に示した、レイアウト情報ユニット1、プロセス情報ユニット2、故障知識データベースユニット3、回路抽出ユニット4、故障リスト作成ユニット6、故障デバイス9、信号測定ユニット10等は省略されている。

【0051】図6を参照して、回路シミュレータ8は、第1の回路シミュレータA60、第2の回路シミュレータB61とを備えている。

【0052】第1の回路シミュレータA60は、高速に動作するが精度は高くないシミュレータである。このシミュレータA60を用いて、等価回路情報5と故障リスト7から想定故障を含めた回路をシミュレーションし、その結果をシミュレーションデータA61として出力する（「シミュレーションA」という）。

【0053】シミュレーションデータA61と、回路動作情報11と、を比較ユニット13により比較し（「比較A」という）、両者が一致すれば、次に、シミュレーション精度の高い第2の回路シミュレータB62により、シミュレーションAと同様にして、等価回路の回路動作のシミュレーションを行ない（「シミュレーションB」という）、比較Aと同様にして、回路動作情報11とシミュレーションデータB63とを比較する（「比較B」という）。

【0054】上記比較A、Bにおいて、回路動作情報11とシミュレーションデータとが一致しない場合には、想定故障は、故障デバイス9には発生していないものと推

定し、故障リスト7から別の故障を選択して想定故障とする。

【0055】上記したシミュレーション及び比較の処理ステップを複数回実行し、最終的に故障デバイス9で発生している故障を推定する。

【0056】このように、予めシミュレーション精度の粗い回路シミュレータで故障を想定した等価回路の回路動作を高速にシミュレーションし、該シミュレーション結果と実観測データとを比較し、不一致の場合には、故障リストから別の故障を選択し、一致した場合には、等価回路を更に精度の高い回路シミュレータでシミュレーションして故障の推定を行なうようにしたことにより故障の推定を効率化する（非現実的な故障候補は高速版の回路シミュレータの結果により直ちに棄却される）。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による集積回路の故障診断装置は、レイアウト情報とプロセス情報と故障知識とから、実際に発生する可能性のある故障をリストアップし、リストアップされた故障を想定した回路シミュレーションを行ない、実観測データと照合することにより、故障デバイスで発生している故障を推定したことにより、集積回路において実際に故障が発生している箇所を指摘することが可能となり、しかも故障の原因を推定できる。

【0058】また、本発明によれば、レイアウト情報、プロセス情報、及び故障知識に基づき、故障診断を行なうように構成したことにより、非現実的な故障を想定することが回避され、故障診断時間を短縮化するという効果を有する。

【0059】さらに、半導体装置の高集積化により、従来の物理的観測による故障診断手法による故障推定が困難になりつつあるなかで、本発明によれば、レイアウト情報、プロセス情報からシミュレーションにより診断を行なっているため、集積回路の高集積化には直接的に影響されずに故障診断を行なうことを可能とするという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る、集積回路の故障診断装置の構成を説明するためのブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態における、故障リスト作成ユニットの構成例を説明するためのブロック図である。

【図3】本発明の一実施形態における、信号測定ユニットの構成の一例を説明するためのブロック図である。

【図4】本発明の一実施形態における、信号測定ユニットの別の構成例を説明するためのブロック図である。

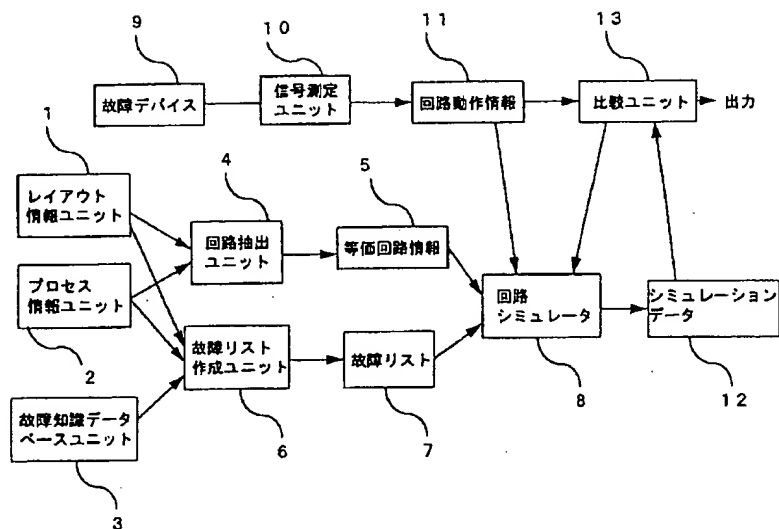
【図5】本発明の一実施形態における、信号測定ユニットのさらに別の構成例を説明するためのブロック図である。

【図6】本発明の一実施形態における、回路シミュレータの別の構成例を説明するためのブロック図である。

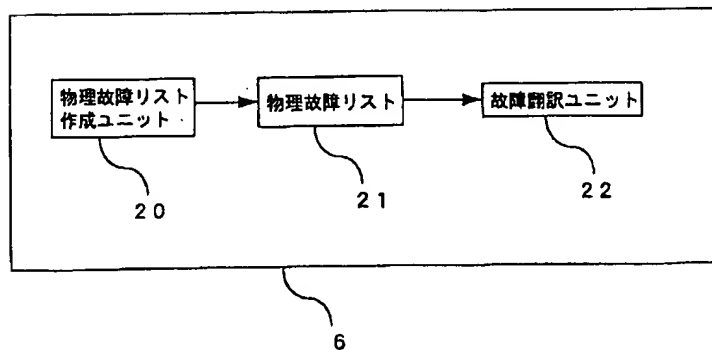
【符号の説明】

- | | | | |
|----|----------------|----|---------------|
| 1 | レイアウト情報ユニット | 13 | 比較ユニット |
| 2 | プロセス情報ユニット | 20 | 物理故障作成ユニット |
| 3 | 故障知識データベースユニット | 21 | 物理故障リスト |
| 4 | 回路抽出ユニット | 22 | 故障翻訳ユニット |
| 5 | 等価回路情報 | 30 | 測定ポイント指示ユニット |
| 6 | 故障リスト作成ユニット | 31 | 測定ポイントリスト |
| 7 | 故障リスト | 32 | 信号測定器 |
| 8 | 回路シミュレータ | 40 | 電子ビームプローバ |
| 9 | 故障デバイス | 50 | プローバ |
| 10 | 信号測定ユニット | 10 | 60 回路シミュレータ A |
| 11 | 回路動作情報 | 61 | シミュレーションデータ A |
| 12 | シミュレーションデータ | 62 | 回路シミュレータ B |
| | | 63 | シミュレーションデータ B |

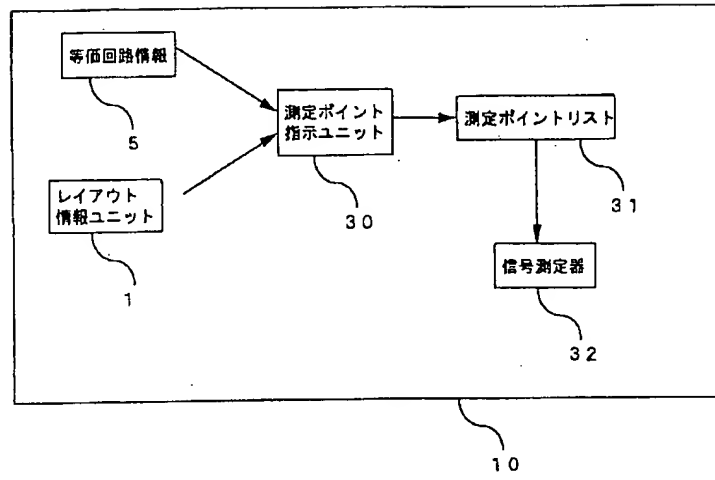
【図 1】



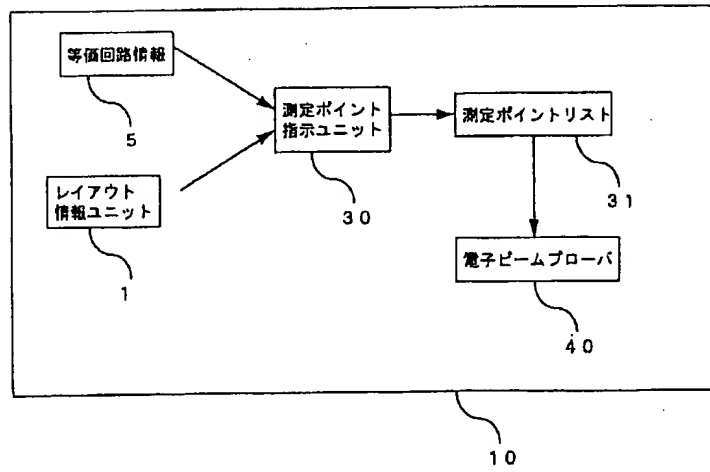
【図 2】



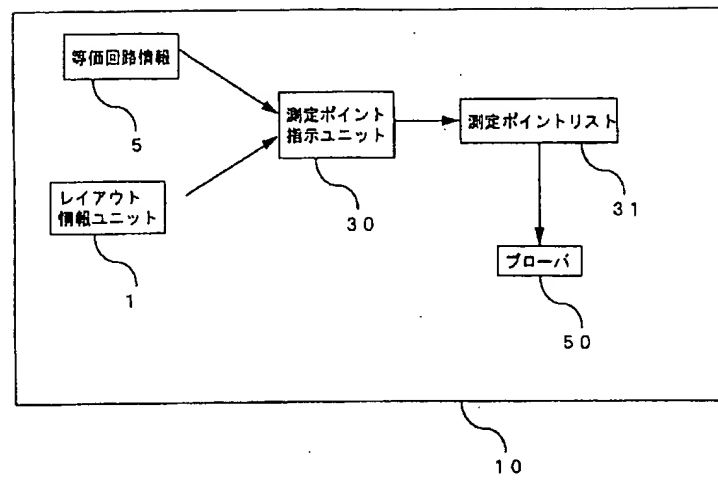
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

